台灣農業研究 (J. Taiwan Agric. Res.) 71(4):293–307 (2022)
DOI:10.6156/JTAR.202212_71(4).0002

研究報告

比較農用無人飛行載具與傳統人工方式噴藥和施肥對有機青花菜生產之影響

楊純明[1,2,*] 劉程煒[3] 邱凱瑩[4] 陳楷岳[5] 陳盈君[5] 鄧雅靜[5] 羅惠萍[5] 陳怡菁[6]

摘要

楊純明、劉程煒、邱凱瑩、陳楷岳、陳盈君、鄧雅靜、羅惠萍、陳怡菁。2022。比較農用無人飛行載具與傳統人工方式噴藥和施肥對有機青花菜生產之影響。台灣農業研究 71(4):293–307。

本項田間試驗係在彰化縣埤頭鄉明道大學有機農場進行，比較農用無人載具 (T) 和傳統人工 (CK) 生產管理方式，是否造成有機青花菜在生長和生產上之差異。根據 2021 年秋作田間試驗初步結果，所調查之株高、莖長、莖圓周長、葉片數、葉面積及葉面積指數等 6 項生長性狀，在此兩種管理方式之間皆未有明顯差別，且葉片、莖及全株的鮮重與乾重亦然。兩方式田間畦面萌生之雜草族群數量，在青花菜生育中期以後即無區別。比較田區四周掛置之黃色 (Y) 與藍色 (B) 黏蟲紙筒的黏捕蟲數，以 Y 之捕蟲數大於 B 之捕蟲數，而每個 Y 平均捕蟲數以 CK 田區較高，每個 B 平均捕蟲數則以 T 田區較高，然而合併 Y 與 B 之捕蟲數總和，CK 及 T 之間並無差異。有機青花菜第 1 次採收時，花莖長度平均值在處理之間未有顯著差異，第 2 次採收時以 T 區大於 CK 區，合併兩次採收資料亦以 T 區 (23.46 ± 0.54 cm) 大於 CK 區 (22.46 ± 0.54 cm)。在採收花蕾球的最大直徑上，第 1 次採收的平均值以 T 區高於 CK 區，第 2 次採收兩處理之間未有顯著差異，合併兩次資料後亦無差異。綜合兩次採收之花蕾球鮮重與花莖長度數據進行回歸分析，此兩項性狀在 CK 及 T 皆未呈現顯著一次或二次回歸關係；但是，綜合兩次採收之花蕾球鮮重與花蕾球最大直徑一次回歸分析結果，則在 CK ($R^2 = 0.415$, $P < 0.0001$) 及 T ($R^2 = 0.229$, $P < 0.0001$) 皆達顯著水準。在公頃花蕾球顆粒數，合併兩次採收數量之平均值，以 T 區 (8,047 ± 1,213 no. ha^{-1}) 高於 CK 區 (5,506 ± 711 no. ha^{-1})。在公頃花蕾球鮮重產量上，合併 2 次採收計算的平均值，亦以 T 區 (3,956 ± 639 kg ha^{-1}) 大於 CK 區 (2,531 ± 544 kg ha^{-1})。進一步分析兩種管理方式採收花蕾球的個別鮮重大小級數百分比分布情形 (分為 8 個等級)，CK 區在第 1 次採收的花蕾球以重量較小的 1–3 級分布較多、第 2 次採收則以 2–5 級分布較多，T 田區在第 1 次採收時以 2–5 級分布較多、第 2 次採收時則以 3–4 級分布較多；合併兩次採收的花蕾球數據，CK 區概以 1–5 級分布較多，合計約 94.29%，T 區則以 2–5 級分布較多，合計達 90.50%。顯示在本試驗條件下，相較於傳統人工管理方式，農用無人機管理方式可以生產出較大鮮重的花蕾球。

關鍵詞：農用無人飛行載具、農用無人機、UAV、有機青花菜、生產。

收件日期：2022 年 5 月 4 日；接受日期：2022 年 6 月 20 日。

* 通訊作者：cmyang@mdu.edu.tw
1 明道大學智慧暨精緻農業學系教授。台灣 彰化縣。
2 明道大學智慧農業研究中心主任。台灣 彰化縣。
3 明道大學智慧暨精緻農業學系副教授兼系主任。台灣 彰化縣。
4 明道大學智慧暨精緻農業學系副教授。台灣 彰化縣。
5 明道大學智慧暨精緻農業學系助理教授。台灣 彰化縣。
6 明道大學智慧暨精緻農業學系計畫專任助理。台灣 彰化縣。

前言

除了氣候變遷及農業氣象災害之外，農業缺工、農藥過量及高生產成本係台灣近年來面臨之三大農業問題，農政部門乃積極推動災害防護、智慧農耕科技和農用無人飛行載具 (unmanned aerial vehicle; UAV，或稱農用無人機) 操作以為因應對策，並助益於糧食生產及環境永續 (Yang 2010; Yang *et al*. 2016)。農用 UAV 應用目前尚屬新穎技術，施作條件異於傳統人工或農機操作，在慣行及有機農耕作業亦不同，許多環節仍有待釐清，才能有利於智慧農耕使用及後續推展。

由於實務需要與作業環境限制，台灣現行農用 UAV 施作多僅限於少數大面積栽培糧食作物 (如水稻、玉米) 及果樹 (如香蕉、鳳梨、龍眼、荔枝)，尚未擴及大宗蔬菜或進口替代作物，亦甚少從慣行農法延伸至有機農法。有機農業遵守自然資源循環永續利用原則、強調資源保育與生態平衡，在當前農業部門『淨零排放』路徑規劃上，具有同時降低溫室氣體排放及增加土壤碳匯雙重功能。如能將農用 UAV 擴及有機農業 (場) 之智慧農耕生產管理，將可提升有機農業栽培之生產管理效能，並有助於加速農業部門淨零排放目標之達成。

青花菜 (*Brassica oleracea* L.) 為世界各地普遍食用之十字花科蕓薹屬甘藍類蔬菜，原產於中緯度的西歐沿海一帶 (Smith 1999; Branham *et al*. 2017)，由野生甘藍變種而來，據稱在第二次世界大戰末期由美國傳入台灣栽培。迄今在台灣全年都有生產，尤以 11 月至 4 月冷涼月份為盛產期，產地集中於嘉義、彰化、雲林等地，多以傳統人工生產管理方式進行栽培 (Chen *et al*. 2013; Lin *et al*. 2014)。食用部位之花蕾球 (亦稱花苔，cluster of flowers or flower head) 及花莖富含豐富維生素、礦物質、硫配醣體 (glucosinolates) 及類黃酮 (flavonoids) 等 (Nugrahedi *et al*. 2015)，乃高纖低熱量營養蔬菜；由於市場之消費量與需求量大，不僅漸成為在地大宗消費蔬菜及重要進口替代蔬菜之一，亦被認為係可供拓展外銷之旗艦作物。除了傳統農法生產之收穫物，以有機農法生產之有機產品亦具有在地消費及外銷之無限潛力，值得進一步提升有機青花菜的生產管理技術/系統。

目前全程使用有機資材對於青花菜鮮食質量、保鮮貯藏及硝酸鹽含量等影響之有機栽培模式研究不多 (Hsieh & Hsu 1996)，許多理論基礎與應用技術仍需要深入研究開發，包括合理施肥、減量噴藥及省工加值等項目。雖然國外已多方進行無人機在農業上的研究 (Johnson *et al*. 2001; Huang *et al*. 2013; Scherer *et al*. 2017; He 2018; Meng *et al*. 2019; Tang *et al*. 2019; Teske *et al*. 2019; Li *et al*. 2021; Zhang *et al*. 2021)，台灣則相對較少。目前仍欠缺使用農用 UAV 於有機農場生產管理之青花菜應用性試驗，也尚未有可供農民/代耕業者依循、推廣之青花菜有機生產管理系統農用 UAV 標準作業流程 (standard operation procedure; SOP)，亟需早日進行創新應用之試驗研究。

本試驗旨在探討農用 UAV 和傳統人工兩種生產管理方式是否造成有機青花菜生產上的差異，俾於提供更明確科學數據作為未來建立農用 UAV 在有機青花菜 SOP 的依據。針對 2021 年秋作田間試驗，主要在於初步比較此 2 種生產管理的噴藥與施肥作業對有機青花菜生長和生產質量的影響，以利於 2022 年試驗深入評估提高肥料合理使用、農藥減量及節省人力等生產效益，進而提升未來商業化農事操作之安全性、工作效率和應用推廣。

材料與方法

2021 年秋作田間試驗係於彰化縣埤頭鄉明道大學有機農場 (23.86°N、120.49°E，海拔 33.7 m) 進行，選用早生青花菜 ‘42’ 品種參試，購自於雲林縣二崙鄉三禾育苗場。試驗處理分為農用 UAV 及傳統人工兩種生產管理方式，2 重複，每重複區 0.1 ha，田區面積共 0.4 ha，採用完全逢機設計 (complete randomized design; CRD) 排列。試驗資料之統計分析，將分別比較各調查參數之處理間差異，並區分生育期間之處理間分布。各圖比較兩處理間是否達顯著差異，以處理平均值及其標準誤 (standard error) 比較之，回歸分析引入 P 值作為檢定樣本測值的最低顯著水準，並以資料分析與繪圖

軟體SigmaPlot 14.0 (Systat Software Inc., CA, USA) 繪製圖形。

苗株定植於鋪蓋銀黑色塑膠布之畦行，畦寬 1.2 m，畦溝寬 0.45 m。每畦種植 2 行，畦行上打孔植入青花菜苗株，行株距 0.75 m × 0.50 m。扣除畦溝及分隔畦，每種管理方式每公頃約種植 13,950 株。各區四周插上竹竿，竿上掛置黃色 (Y) 及藍色 (B) 黏蟲紙筒 (長 0.25 m、直徑 0.15 m)，約 1–2 wk 取回調查捕蟲數，並更新黏蟲紙筒。蟲害管理另加上蘇力菌噴施處理，每隔 2–3 wk 實施 1 次 (表 1)。田間除草每隔 1–2 wk 實施 1 次，畦面雜草以

表 1. 2021 年秋作有機青花菜田間試驗栽培時間曆 (2021 年 10–12 月)。

Table 1. Cultivation calendar of field trial of organic broccoli in Fall Crop 2021 (October–December 2021).

Date	Item	Content
10/09	Land preparation	First time land preparation and irrigation
10/12	Land preparation	Second time land preparation; applied basal dose of fertilizer
10/17	Furrows making	Making furrows with spacing of 1.2 m and ditch width of 0.45 m; cover furrows with black plastic film and dig holes for seedling transplanting, two parallel rows per furrow with in-row distance 0.75 m
10/18	Transplanting and first sampling	Seedling transplanting with spacing of 0.75 m × 0.50 m and irrigated after transplanting; first sampling
10/26	Weeding	First hand weeding on furrows and weighted the harvested weeds
11/01	Biopesticide spraying	First spraying of *Bacillus thuringiensis* by unmanned aerial vehicle (UAV) or human labor
11/02	Insects collecting	Attach yellow (Y) and blue (B) sticky paper traps around the plots of the organic broccoli field
11/02	Weeding	Second hand weeding on furrows and weighted the harvested weeds
11/09	Top dressing	Applying first top dressing of liquid organic fertilizer by UAV or human labor
11/09	Weeding	Third hand weeding on furrows and weighted the harvested weeds
11/10	Second sampling	Second sampling at 23 d after transplanting
11/15	Biopesticide spraying	Second spraying of *B. thuringiensis* by UAV or human labor
11/16	Insects counting	Bring back yellow (Y) and blue (B) sticky paper traps for insects counting
11/16	Insects collecting	Attach yellow (Y) and blue (B) sticky paper traps around the plots of the organic broccoli field
11/23	Insects counting	Bring back yellow (Y) and blue (B) sticky paper traps for insects counting
11/23	Weeding	Fourth hand weeding on furrows and weighted the harvested weeds
11/25	Top dressing	Applying second top dressing of liquid organic fertilizer by UAV or human labor
11/30	Insects collecting	Attach yellow (Y) and blue (B) sticky paper traps around the plots of the organic broccoli field
11/30	Weeding	Fifth hand weeding on furrows and weighted the harvested weeds
12/03	Third sampling	Third sampling at 46 d after transplanting,
12/07	Insects counting	Bring back yellow (Y) and blue (B) sticky paper traps for insects counting
12/07	Weeding	Sixth hand weeding on furrows and weighted the harvested weeds
12/07	Biopesticide spraying	Third spraying of *B. thuringiensis* by UAV or human labor
12/08	Irrigation	Irrigation in the afternoon
12/14	Top dressing	Applying third top dressing of liquid organic fertilizer by UAV or human labor
12/14	Insects collecting	Attach yellow (Y) and blue (B) sticky paper traps around the plots of the organic broccoli field
12/14	Weeding	Seventh hand weeding on furrows and weighted the harvested weeds
12/16	Fourth sampling	Fourth sampling at 59 d after transplanting
12/17	First harvest	First time harvest of flower heads
12/24	Second harvest	Second time harvest of flower heads
12/24	Insects counting	Bring back yellow (Y) and blue (B) sticky paper traps for insects counting

人工拔 (割) 除方式清除，並秤取雜草族群的鮮重與乾重 (表 1)。畦溝雜草則以手持式除草機及長柄鐮刀去除移走，不予秤重。試驗田區採畦溝灌溉方式，第 1 次整地後、苗株定植後及採收前 9 d 各分別灌溉 1 次。秋作栽培時間曆如表 1，兩種生產管理方式比較如表 2。

本試驗所使用的農用 UAV 為 Agras T16 (DJI 大疆創新，深圳，中國大陸) 6 軸鑽石型設計槳葉，選用任務飛行模式，飛行速率約 1.8 m s^{-1}，飛行高度距離青花菜植株頂端約 2.5 m (表 2)。噴灑系統配備 4 個液泵及 8 個 IDK120015 抗飄散噴頭 (Lechler GmbH, Metzingen, Germany)，噴嘴幅寬 120 度，流量最高可達 4.8 L min^{-1}。農用 UAV 操作時之氣象環境紀錄如表 3。

於青花菜栽植前，試驗田的採樣土壤先經過前處理後，再行物化性質分析。土壤酸鹼度 (pH) 依土水比 1：1 法測定 (McLean 1982)，電導度 (electrical conductivity; EC) 按土水比 1：5 萃取後測定 (Rhoades 1982)，土壤有機質按照 Walkley-Black 法測定 (Nelson & Sommers 1996)，土壤質地以比重計法測得 (Gee & Bauder 1986)，無機態氮 (硝酸態氮及銨態氮) 則利用 2 N KCl 萃取後，以化學分析儀 (Smartchem 140, Systea S.p.A., Anagni, Italy) 測定，有效性磷及交換性陽離子鈣、鎂、鉀以及交換性重金屬 (銅、鋅、鎘、鉻、鎳、鉛)，以孟立克法萃取後，以感應耦合電漿原子放射光譜儀 (Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectroscopy; ICP-AES) 測定 (Mehlich

表 2. 2021 年秋作有機青花菜田間試驗之農用無人機與傳統人工生產管理方式比較。

Table 2. Comparison of differences between agricultural drones and traditional human labor management practices for field trial of organic broccoli in Fall Crop 2021.

Item	Practice	Dose	Amount of water	Dilution factor	Date	Duration (s)
Spraying of *Bacillus thuringiensis*	UAV[y]	80 g	8 L	100	2021/11/01	243
					2021/11/15	218
					2021/12/07	225
					2021/12/15	274
	Human labor[x]	80 g	80 L	1,000	2021/11/02	3,060
					2021/11/15	3,066
					2021/12/07	3,082
					2021/12/15	2,948
Applying of organic liquid fertilizer[z]	UAV	500 mL	10 L	20	2021/11/09	243
					2021/11/25	249
					2021/12/14	246
	Human labor	500 mL	80 L	160	2021/11/09	3,342
					2021/11/25	3,076
					2021/12/14	2,886

[z] Organic liquid fertilizer “Jinfengshou (5-15)”, JF Biotechnology Company, Pingtung County, Taiwan. Ingredients: meat and bone meal, soybean meal, and rice bran. Compositions: total nitrogen 3.9%, total phosphoric anhydride 3.9%, total potassium oxide 2.1%, and organic matter 30.0%.
[y] by agricultural unmanned aerial vehicle (UAV) (0.2 ha, 1 person; nozzle distance from plant height 2.5 m).
[x] by traditional manual knapsack sprayer (0.2 ha, 2 persons; nozzle distance from plant height 5–10 cm).

表 3. 2021 年秋作有機青花菜田間試驗農用無人機操作之氣象環境。

Table 3. Meteorological environment for the operation of agricultural drone for organic broccoli field trial in the Fall Crop 2021.

Air temperature(℃)	Wind speed (km h^{-1})	Rainfall probability (%)	Visibility (km)
15–28	6–32	0	16

1984)，分析結果如表 4。田區灌溉水之理化性質分析，係以 pH meter 測定酸鹼度、EC meter 測定電導度、總有機碳分析儀測定總碳及 ICP-AES 分析陽離子 (鐵、錳、銅、鋅、鉀、鈉、鈣、鎂、鎘、鉻、鎳、鉛) 總量，結果如表 5。

本試驗全程施用有機肥料，基肥選用綠林牌好康 6-3-3-85 混合有機質肥料 (綠林生物科技股份有限公司，台灣彰化縣)，於青花菜種植前 6 d (2021 年 10 月 12 日) 施入田區，施用量 2,000 kg ha^{-1}。追肥選用金豐收液態有機質肥料 (5-15) (金峰生物科技有限公司，台灣屏東縣)，標示原料名稱：肉骨粉、豆粕、米糠，登記成分：全氮 3.9%、全磷酐 3.9%、全氧化鉀 2.1%、有機質 30.0%。各處理於每次葉面追肥時，分別記錄單位面積用水量及噴灑時間 (參見表 2)。

本試驗青花菜生育期間，取樣調查植株的生長性狀 (表 1)，除了定植日各處理取樣苗株 30 株之外，其餘取樣日各處理各重複區逢機取樣 10 株，調查：(1) 株高 (plant height, cm)：由地表至植株最高處，(2) 莖長 (stalk length, cm)：由地表至花蕾球基部，(3) 花莖圓周長 (stalk circumference, cm)：花莖基部的圓周長，(4) 葉片數 (leaf number, no. pl^{-1})：青綠色葉片數，(5) 葉面積 (leaf area, m^2 pl^{-1})：植株葉片合計面積，(6) 葉面積指數 (leaf area index, m^2 m^{-2})：單位農地面積上的植株葉面積。

本試驗採收兩次花蕾球，每次採收時，計算各重複區收取之花蕾球數目 (number of flower heads, no. $block^{-1}$)，並量測每顆花蕾球之最長直徑 (maximum diameter, cm)、花莖長 (flower stalk length, cm) 及鮮重 (fresh weight, g)。每次採收，各處理各重複區逢機收取 3 塊 13.5 m^2 面積樣區植株之花蕾球，合併計算，並推估公頃花蕾球顆粒數及公頃鮮重產量。採收之花蕾球並將依照鮮重高低劃分 8 等級 (level)，計算各級別花蕾球數量百分比及繪製分布圖。第 1 次及第 2 次採收標準分別設定為最長直徑 12 cm 以上及 10 cm 以上的花蕾球，單粒鮮重等級由低至高劃分為：level 1 ($\leq$ 300 g $head^{-1}$)，level 2 (301–400 g $head^{-1}$)，level 3 (401–500 g $head^{-1}$)，level 4 (501–600 g $head^{-1}$)，level 5 (601–700 g $head^{-1}$)，level 6 (701–800 g $head^{-1}$)，level 7 (801–900 g $head^{-1}$)，level 8 ($\geq$ 901 g $head^{-1}$)。

表 4. 試驗田區土壤之物化性質。

Table 4. Physicochemical properties of soil in the experimental field.

Soil property	Value
pH (1 : 1)	7.63
EC (1 : 5) (ds m^{-1})	0.10
Organic matter (%)	2.32
Texture	Sandy loam
NO_3-N (mg kg^{-1})	37.80
NH_4-N (mg kg^{-1})	94.30
Available P (mg kg^{-1})	59.00
Exchangeable K (mg kg^{-1})	97.00
Exchangeable Ca (mg kg^{-1})	3,260.00
Exchangeable Mg (mg kg^{-1})	165.00
Exchangeable Cu (mg kg^{-1})	5.30
Exchangeable Zn (mg kg^{-1})	2.90
Exchangeable Cd (mg kg^{-1})	0.06
Exchangeable Cr (mg kg^{-1})	0.65
Exchangeable Ni (mg kg^{-1})	1.20
Exchangeable Pb (mg kg^{-1})	6.50

表 5. 灌溉水之理化性質。

Table 5. Physicochemical properties of irrigation water.

Property of irrigation water	Value
pH	6.92
EC (ds m^{-1})	1.36
Total carbon (mg L^{-1})	50.90
Exchangeable K (mg L^{-1})	6.80
Exchangeable Na (mg L^{-1})	13.20
Exchangeable Ca (mg L^{-1})	240.00
Exchangeable Mg (mg L^{-1})	59.30
Exchangeable Fe (mg L^{-1})	ND[z]
Exchangeable Mn (mg L^{-1})	0.33
Exchangeable Cu (mg L^{-1})	0.78
Exchangeable Zn (mg L^{1})	ND
Exchangeable Cd (mg L^{-1})	ND
Exchangeable Cr (mg L^{-1})	ND
Exchangeable Ni (mg L^{-1})	ND
Exchangeable Pb (mg L^{-1})	ND

[z] ND: not detectable.

結果與討論

本項田間試驗係在彰化縣埤頭鄉明道大學有機農場進行，比較農用 UAV (T) 和傳統人工 (CK) 兩種生產管理方式，是否造成有機青花菜在生長和生產上之差異。2021 年秋作試驗係自 10 月 18 日青花菜苗定植起，至 12 月 17 日做第 1 次花蕾球採收，12 月 24 日做第 2 次花蕾球採收，其間亦進行多次植株取樣調查生長性狀 (表 1)。根據初步結果，經取樣調查定植後不同日數植株之株高、莖長、莖圓周長、葉片數、葉面積及葉面積指數等生長性狀變化，發現此 6 項生長性狀皆隨著植株的生長進程而增加，惟葉面積及葉面積指數約在定植後 42 d 開始下降，直至花蕾球採收 (圖 1)，兩種生產管理方式的植株之間未有明顯生長差異。

再檢視秤量之葉片、莖及全株的鮮重與乾重，大致上此兩種管理方式之間亦未有顯著差異，皆在初期緩慢生長，至定植後 19 d 起快速成長，秤量性狀之間幾呈平行增加趨勢 (圖 2)。由此顯示，在使用相同劑量的有機基肥、有機液肥及有機製劑 (蘇力菌) 下，T 之管理操作並未形成所調查生長性狀與生質量的落後，T 及 CK 田區有近似之植株生長表現。

兩種管理方式皆以人力清除田間畦面上雜草，由鋪蓋田畦的銀黑色塑膠布栽植孔萌生之雜草，自定植後至 19 d 具有較多雜草族群數量，且以 CK 區的畦面雜草數量高於 T 區 (圖

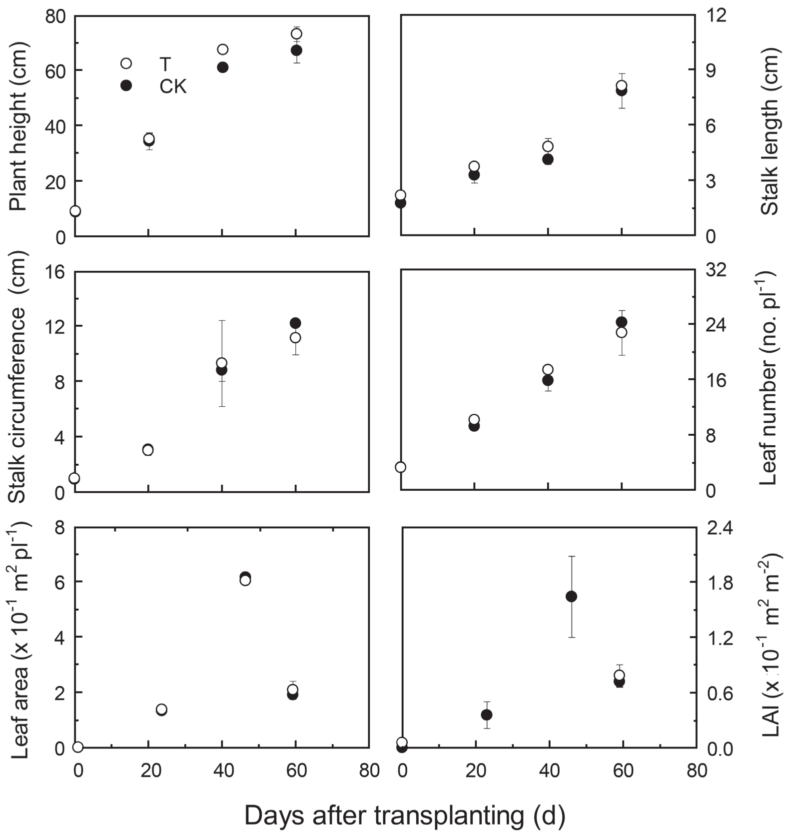

圖 1.　彰化縣埤頭鄉明道大學有機農場 2021 年有機青花菜秋作田區以農用無人機 (T) 和傳統人工 (CK) 生產管理方式於定植後不同日數取樣調查植株之株高 (plant height)、莖長 (stalk length)、莖圓周長 (stalk circumference)、葉片數 (leaf number)、葉面積 (leaf area) 及葉面積指數 (leaf area index; LAI) 的變化。

Fig. 1.　Changes in plant height, stalk length, stalk circumference, leaf number per plant, leaf area and leaf area index (LAI) at different days after seedling transplanting of broccoli, using agricultural drone (T) and traditional human labor (CK) management practices, grown in MingDao University Organic Farm located at Pitou Township of Changhua County in Fall Crop 2021.

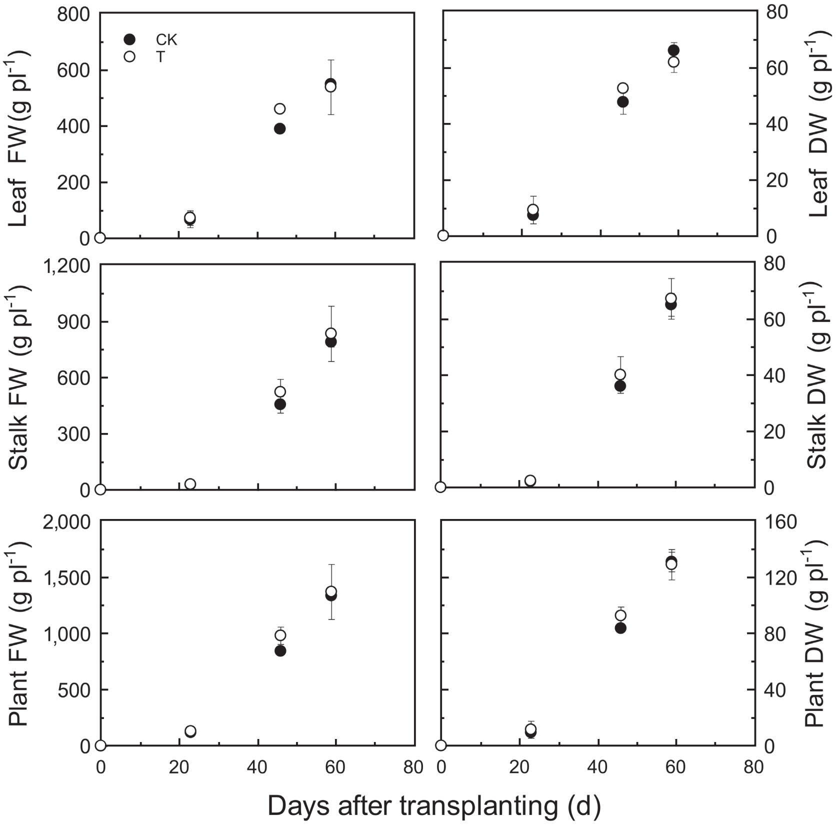

圖 2. 彰化縣埤頭鄉明道大學有機農場 2021 年有機青花菜秋作田區以農用無人機 (T) 和傳統人工 (CK) 生產管理方式於定植後不同日數取樣調查之植株葉片、莖及全株的鮮重與乾重。

Fig. 2. Changes in fresh and dry weights (FW and DW) of leaves, stalks and plants at different days after seedling transplanting of broccoli, using agricultural drone (T) and traditional human labor (CK) management practices, grown in MingDao University Organic Farm located at Pitou Township of Changhua County in Fall Crop 2021.

3)。青花菜生育中期以後，兩種管理方式之畦面雜草數量則無明顯差別，且皆隨著青花菜植株體積的伸展擴大，而雜草族群數量漸趨減少直至收穫。由此可知，在青花菜幼株的初期生育階段，CK 管理方式可能因為噴灑的水量較多，有利於較多雜草族群萌生，於是拔取較高雜草數量 (鮮重)。當青花菜植株長成後，即具有較大的競爭潛力，反饋遮蔽限制雜草的生長，因此雜草族群數量逐漸下降，且兩種管理方式之間亦未有顯著差異。顯見任一管理方式，似未特別促進雜草族群數量的繁衍，而且當青花菜植株的生長進程與植體伸展逐漸擴大覆蓋，致使得雜草族群數量漸減時，似乎即未對青花菜的生育產生明顯干擾。

本試驗有機青花菜田區之害蟲管理以蘇力菌及掛置黏蟲紙筒為主，前者透過農用 UAV 灑施或傳統人工方式噴施，後者乃在田區四周同時掛置黃色 (Y) 與藍色 (B) 黏蟲紙筒黏捕害蟲族群，據以粗估兩種管理方式之害蟲族群數量。試驗發現，兩種管理方式之 Y 黏蟲紙筒捕蟲數大於 B 黏蟲紙筒捕蟲數，且每個 Y 黏蟲紙筒平均捕蟲數以 CK 田區較高；而每個 B 黏蟲紙筒平均捕蟲數，則以 T 田區有較高數量 (圖 4)。惟合併 Y 及 B 黏蟲紙筒之捕蟲數總和，CK 及 T 田區之間無明顯區分，顯示 2 種管理方式並未造成青花菜田間黏捕蟲數量上的差異。雖然不同顏色黏蟲紙筒黏捕的蟲類可能不同、蟲數也不相等，但是兩種管理方式黏捕蟲數總和之間並無顯著差異，故推測此兩種管理方式可能有類似的害蟲管理效果及害蟲的影響。

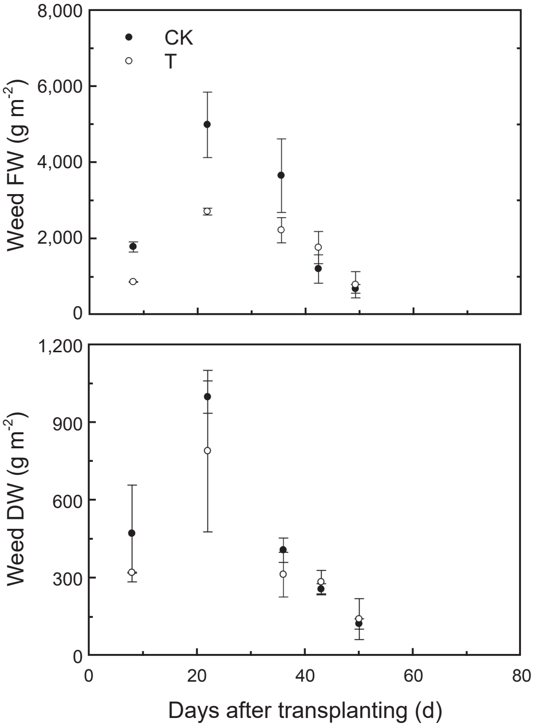

圖 3. 彰化縣埤頭鄉明道大學有機農場 2021 年有機青花菜秋作田區以農用無人機 (T) 和傳統人工 (CK) 生產管理方式於定植後不同日數於畦面調查之單位面積 (m^2) 雜草族群的鮮重與乾重。

Fig. 3. Changes in fresh and dry weights (FW and DW) of weeds collected from furrows of experimental fields at different days after seedling transplanting of broccoli, using agricultural drone (T) and traditional human labor (CK) management practices, grown in Ming-Dao University Organic Farm located at Pitou Township of Changhua County in Fall Crop 2021.

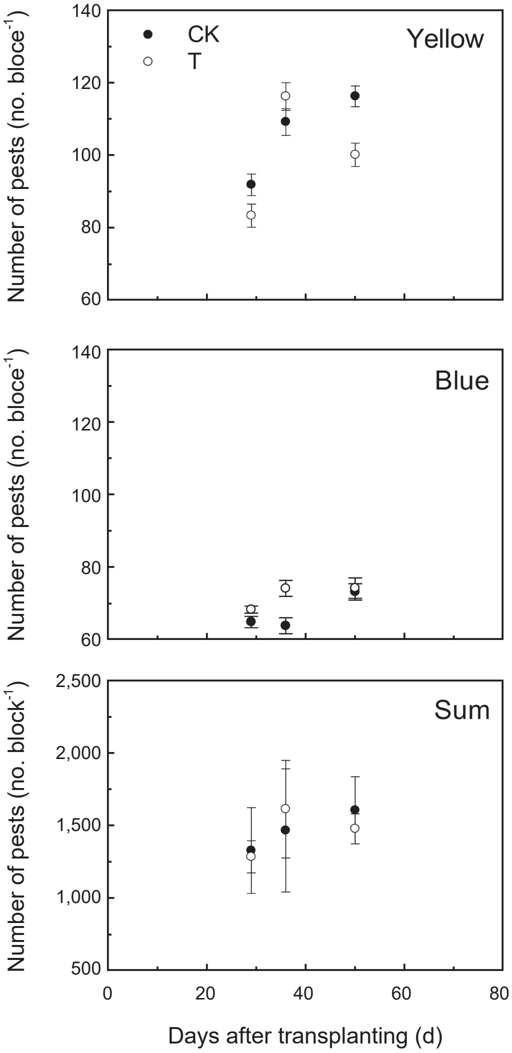

圖 4. 彰化縣埤頭鄉明道大學有機農場 2021 年有機青花菜秋作田區以農用無人機 (T) 和傳統人工 (CK) 生產管理於定植後不同日數調查之黃色 (Yellow) 及藍色 (Blue) 黏蟲紙筒的捕蟲數及總合 (Sum)。

Fig. 4. Changes in counts of insects caught by yellow and blue sticky paper traps from experimental fields at different days after seedling transplanting of broccoli, using agricultural drone (T) and traditional human labor (CK) management practices, grown in MingDao University Organic Farm located at Pitou Township of Changhua County in Fall Crop 2021.

本試驗採收 2 次花蕾球，皆調查花蕾球之最大直徑與平均值、花莖長度與平均值、每顆花蕾球鮮重及花蕾球鮮重總和 (換算公頃產量)。根據調查結果，第 1 次採收 (I) 之花莖長度平均值在處理之間未有顯著差異 (CK：22.71 ± 0.80 cm, T：23.44 ± 1.03 cm)， 第 2 次採收 (II) 以 T 處理區 (T, 23.49 ± 0.34 cm) 植株的花莖長度平均值大於 CK 處理區 (CK, 22.20 ± 0.51 cm) 者 (圖 5)。合併 2 次採收資料比較，亦以 T 區 (23.46 ± 0.54 cm) 相較於 CK 區 (22.46 ± 0.54 cm) 有較大的花莖長度平均值。

在採收花蕾球的最大直徑量測上，第 1 次採收花蕾球最大直徑的平均值以 T 區 (19.36 ± 1.11 cm) 高於 CK 區 (17.36 ± 0.40 cm)，第 2 次採收時兩處理之間未有差異 (CK：19.10 ± 0.55 cm, T：19.17 ± 0.11 cm) (圖 6)。合併 2

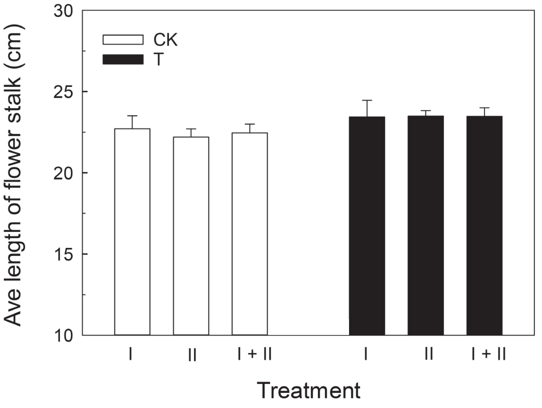

圖 5. 2021 年秋作有機青花菜第 1 次採收 (I，12/17/2021)、第 2 次採收 (II，12/24/2021) 及合併兩次採收 (I + II) 之花莖平均長度。CK：傳統人工施肥及噴藥處理方式，T：農用無人機施肥及噴藥處理方式。採收標準第 1 次設定為花蕾球最大直徑為 12 cm 以上者、第 2 次則為花蕾球最大直徑為 10 cm 以上者。

Fig. 5. Comparison of differences in the average values of length of flower stalks of organic broccoli between agricultural drone (T) and traditional human labor (CK) management practices harvested in the first harvest (I, 12/17/2021), the second harvest (II, 12/24/2021) and pooled data (I + II) for field trial in Fall Crop 2021. The first and the second harvests collected flower heads with the maximum diameter greater than 12 cm and 10 cm, respectively.

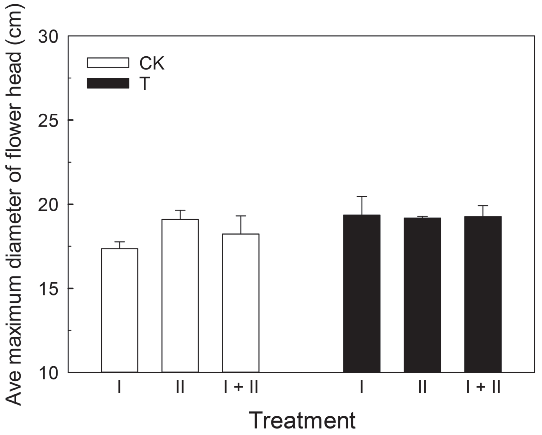

圖 6. 2021 年秋作有機青花菜第一次採收 (I，12/17/2021)、第二次採收 (II，12/24/2021) 及兩次採收 (I + II) 之花蕾球平均最大直徑。CK：傳統人工施肥及噴藥處理方式，T：農用無人機施肥及噴藥處理方式。採收標準第 1 次設定為花蕾球最大直徑為 12 cm 以上者、第 2 次則為花蕾球最大直徑為 10 cm 以上者。

Fig. 6. Comparison of differences in the average values of maximum diameter of flower heads of organic broccoli between agricultural drone (T) and traditional human labor (CK) management practices harvested in the first harvest (I, 12/17/2021), the second harvest (II, 12/24/2021) and pooled data (I + II) for field trial in Fall Crop 2021. The first and the second harvests collected flower heads with the maximum diameter greater than 12 cm and 10 cm, respectively.

次資料比較，則花蕾球最大直徑的平均值在兩種處理方式之間未呈現顯著差異 (CK：18.23 ± 1.08 cm, T：19.26 ± 0.65 cm)。由此可知，雖然 T 處理在第 1 次採收時獲得較大的花蕾球顆粒直徑，但是綜合 2 次採收的花蕾球顆粒最大直徑平均值，則此兩種管理方式於統計上未有顯著不同。

又綜合 2 次採收之花蕾球鮮重與花莖長度數據進行回歸分析比較 (圖 7)，發現無論係 CK 處理 (R^2 = 0.0023, P = 2.117) 或 T 處理 (R^2 = 0.033, P = 0.0001)，此兩項性狀之間皆未呈現明顯之一次回歸關係，亦未有二次回歸關係 (資料未列出)。因此，本試驗 2 種生產管理方式在花蕾球採收時，皆不宜以當時的花莖長度推估花蕾球鮮重。然而，綜合 2 次採收之花蕾球鮮重與花蕾球最大直徑之一次回歸分析結果，則此 2 性狀在 CK (R^2 = 0.415, P < 0.0001) 及 T (R^2 = 0.229, P < 0.0001) 管理方式下，皆達到顯著水準 (圖 8)。因此，本試驗兩種生產管理方式在花蕾球採收時，如有需要時，皆可以當時的花蕾球最大直徑推估花蕾球鮮重。

在公頃花蕾球顆粒數的比較上，第 1 次及第 2 次採收的花蕾球顆粒數量皆以 T 田區高於 CK 田區 (圖 9A)，但是統計上未達顯著性差異。如將 2 次採收花蕾球合併計算其平均值，則 T 田區 (8,047 ± 1,213 no. ha^{-1}) 的花蕾球顆粒數高於 CK 田區 (5,506 ± 711 no. ha^{-1}) 者。另在公頃花蕾球鮮重產量上，T 田區 (4,407 ± 1,542 kg ha^{-1}) 第 1 次採收的鮮重產量大於 CK 田區 (2,146 ± 482 kg ha^{-1})，第 2 次採收則兩處理田區之間未有差異 (圖 9B)。但是，合併兩次採收計算的花蕾球鮮重平均值，仍以 T 田區 (3,956 ± 639 kg ha^{-1}) 大於 CK 田區 (2,531 ± 544 kg ha^{-1})。因此，整體而言，相較於 CK

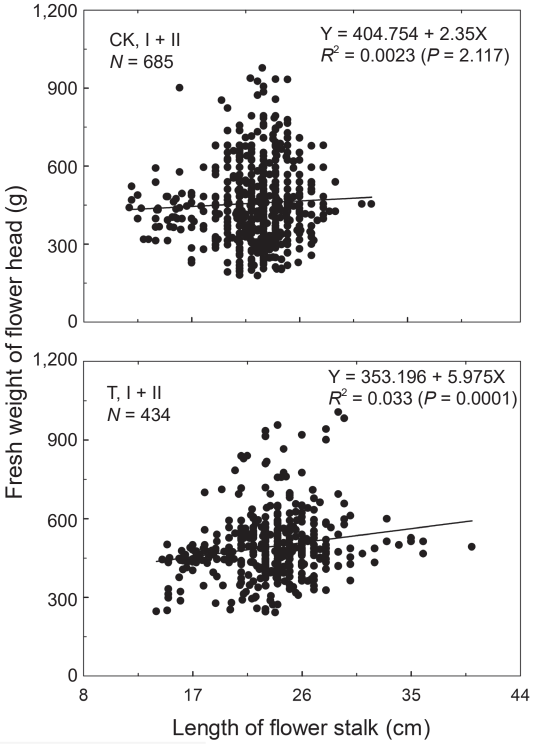

圖 7. 2021 年秋作有機青花菜第 1 次採收 (I，12/17/2021) 及第 2 次採收 (II，12/24/2021) 合併數據 (I + II) 之花莖長度與花蕾球鮮重之一次回歸關係圖。CK：傳統人工施肥及噴藥處理方式，T：農用無人機施肥及噴藥處理方式。

Fig. 7. Linear regression analyses between length of flower stalks and fresh weight of flower heads collected from the field trial with agricultural drone (T) and traditional human labor (CK) management practices in both the first (I, 12/17/2021) and the second (II, 12/24/2021) harvests in Fall Crop 2021.

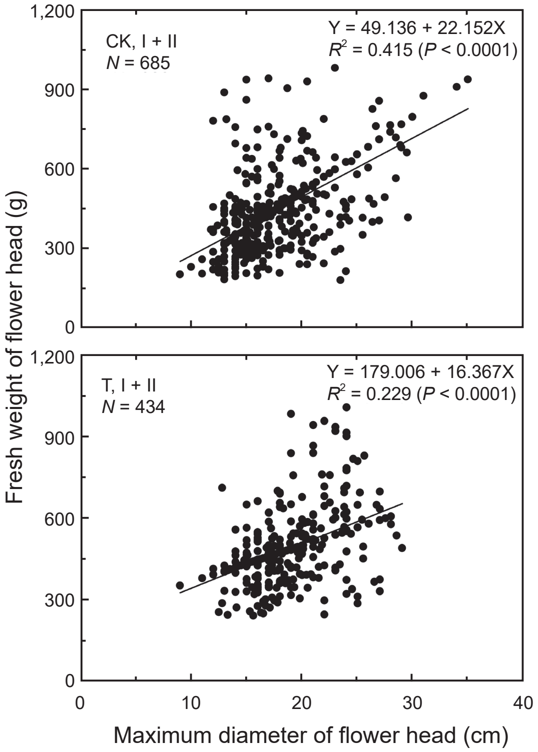

圖 8. 2021 年秋作有機青花菜第 1 次採收 (I，12/17/2021) 及第 2 次採收 (II，12/24/2021) 合併數據 (I + II) 之花蕾球直徑與花蕾球鮮重之一次回歸關係圖。CK：傳統人工施肥及噴藥處理方式，T：農用無人機施肥及噴藥處理方式。

Fig. 8. Linear regression analyses between the maximum diameter and fresh weight of flower heads collected from the field trial with agricultural drone (T) and traditional human labor (CK) management practices in both the first (I, 12/17/2021) and the second (II, 12/24/2021) harvests in Fall Crop 2021.

田區，本試驗有機青花菜在 T 管理方式下可以採收較多的花蕾球顆粒數量及較高的花蕾球鮮重產量。雖然 T 處理噴灑的霧狀水分顆粒較小、濃度較高，是否因此造成不等肥效與藥效，形成花蕾球顆粒數和鮮重上的差異，或另有其他因素，仍需多期作試驗觀察與比較才能評估。

本試驗將採收的花蕾球依照個別顆粒鮮重高低區分為 8 等級，以進一步比較兩種管理田區採收花蕾球重量大小級數百分比分布情形 (圖 10)。結果顯示，CK 田區在第 1 次採收的花蕾球以重量較小的 1–3 級分布較多 (19.55 ± 12.76%、30.48 ± 7.75%、29.39 ± 10.54%)，在第 2 次採收的花蕾球則以 2–5 級分布較多 (23.52 ± 4.45%、38.10 ± 6.73%、21.88 ± 9.39%、11.16 ± 0.97%)。T 田區在第 1 次採收時以 2–5 級分布較多 (23.45 ± 1.86%、26.98 ± 7.18%、18.79 ± 9.06%、11.82 ± 0.56%)，第 2 次採收時則以 3–4 級分布較多 (64.72 ± 7.60%、30.89 ± 1.39%)。合併兩次採收的花蕾球數據，CK 田區概以 1–5 級分布較多 (10.48 ± 12.83%、27.00 ± 4.92%、33.74 ± 6.16%、14.61 ± 10.28%、8.46 ± 3.82%)，合計約 94.29%，T 田區則以 2–5 級分布較多 (13.10 ± 14.64%、

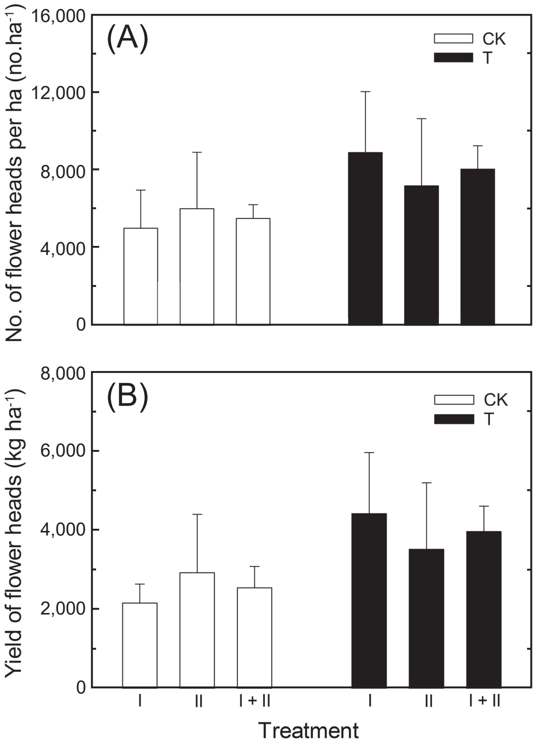

圖 9. 2021 年秋作有機青花菜第一次採收 (I，12/17/2021)、第二次採收 (II，12/24/2021) 及合併 2 次採收 (I + II) 之 (A) 公頃花蕾球顆粒數和 (B) 鮮重產量。CK：傳統人工施肥及噴藥處理方式，T：農用無人機施肥及噴藥處理方式。

Fig. 9. Comparison of differences in the number of flower heads per ha and yield of flower heads of organic broccoli between agricultural drone (T) and traditional human labor (CK) management practices harvested in the first harvest (I, 12/17/2021), the second harvest (II, 12/24/2021) and pooled data (I + II) for field trial in Fall Crop 2021.

45.85 ± 26.68%、24.82 ± 8.56%、6.73 ± 7.19%)，合計達 90.50%。整合此一有機青花菜秋作試驗結果可知，在本項試驗條件下，相較於傳統人工管理方式，農用 UAV 管理方式可以生產出較多的較大顆粒鮮重花蕾球。此外，由於農用 UAV 管理方式具有諸如省時、省工、節能、節水等多項優勢 (參見表 2)，有助於降低生產成本，因此作者將持續進行 2022 年春作及秋作試驗，以釐清此 2 種生產管理方式成本效益上之差異。

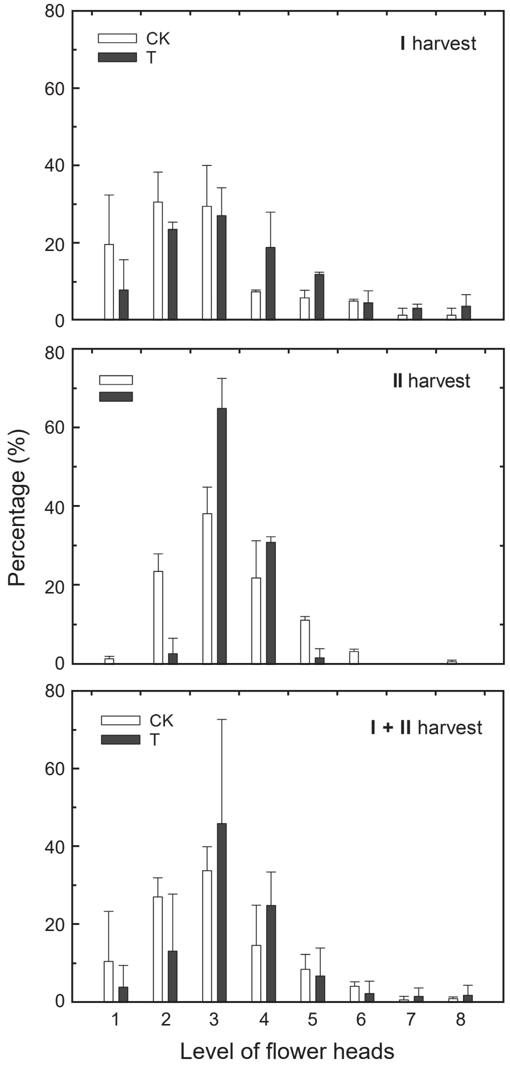

圖 10. 2021 年秋作有機青花菜第一次採收 (I，12/17/2021)、第二次採收 (II，12/24/2021) 及合併 2 次採收 (I + II) 之花蕾球重量大小級數百分比分布之處理間比較。CK：傳統人工施肥及噴藥處理方式，T：農用無人機施肥及噴藥處理方式。本試驗採收的個別花蕾球鮮重大小劃分為 8 等級：級數 1，≤ 300 g head^{-1}；級數 2，301–400 g head^{-1}；級數 3，401–500 g head^{-1}；級數 4，501–600 g head^{-1}；級數 5，601–700 g head^{-1}；級數 6，701–800 g head^{-1}；級數 7，801–900 g head^{-1}；級數 8，≥ 901 g head^{-1}。

Fig. 10. Comparison of differential distribution of percentage of fresh weight levels of flower heads of organic broccoli between agricultural drone (T) and traditional human labor (CK) management practices in the first harvest (I, 12/17/2021), the second harvest (II, 12/24/2021) and pooled data (I + II) for field trial in Fall Crop 2021.

結論

綜合本項 2021 年有機青花菜秋作試驗結果，在相同有機基肥、有機液肥及有機製劑 (蘇力菌) 之使用劑量下，雖然使用水量較少，農用 UAV 生產管理方式和傳統人工生產管理方式在植株生長、田間畦面雜草族群數量及黏捕蟲數目上並未出現明顯差別。在生產表現上，UAV 管理方式田區採收之花莖長度平均值較大，而雖然花蕾球顆粒的最大直徑平均值未有顯著差異，但是 2 次採收合併計算之公頃顆粒數平均值及公頃鮮重產量平均值均較高。進一步分析原因，顯示在本項試驗條件下，農用 UAV 生產管理方式可以生產出較多百分比之較大顆粒鮮重的花蕾球。試驗又發現，兩種管理方式在採收時之花蕾球鮮重與花蕾球最大直徑之間呈現線性回歸關係，皆可以當時的花蕾球最大直徑推估花蕾球鮮重。至於花蕾球公頃顆粒數及公頃鮮重上的差異，仍待未來多作季資料進一步評估。

誌謝

本計畫『農用無人飛行載具 (UAV) 於有機青花菜生產管理之創新應用研究』，計畫編號 110 農科-8.3.2-科-a9，承蒙行政院農業委員會計畫經費補助，特申謝忱。試驗期間又有多位明道大學智慧暨精緻農業學系同學協助取樣調查，謹一併致謝。

引用文獻

Branham, S. E., Z. J. Stansell, D. M. Couillard, and M. W. Farnham. 2017. Quantitative trait loci mapping of heat tolerance in broccoli (*Brassica oleracea* var. *italica*) using genotyping-by-sequencing. Theor. Appl. Genet. 130:529−538. doi:10.1007/s00122-016-2832-x

Chen, W. L., C. H. Hsiao, and R. J. Hsiao. 2013. Physiological, anatomy structural and flowering changes of broccoli under high temperature stress. Bull. TDARES 121:9−24. (in Chinese with English abstract)

Gee, G. W. and J. W. Bauder. 1986. Particle size analysis. p.404–408. *in*: Methods of Soil Analysis. Part 1: Physical and Mineralogical Methods. 2nd ed. (Klute, A., ed.) American Society of Agronomy. Madison, WI. 1188 pp.

He, X. 2018. Rapid development of unmanned aerial vehicles (UAV) for plant protection and application technology in China. Outlooks Pest Manag. 29:162−167.

Hsieh, C. F. and K. N. Hsu. 1996. An experiment on the organic farming of broccoli. Bull. TDARES 53:35−40. (in Chinese with English abstract)

Huang, Y., S. J. Thomson, W. C. Hoffmann, Y. Lan, and B. K. Fritz. 2013. Development and prospect of unmanned aerial vehicle technologies for agricultural production management. Intl. J. Agric. Biol. Eng. 6(3):1−10.

Johnson, L. F., D. F. Bosch, D. C. Williams, and B. M. Lobitz. 2001. Remote sensing of vineyard management zones: Implications for wine quality. Appl. Eng. Agric. 17:557−560. doi:10.13031/2013.6454

Li, X., D. K. Giles, F. J. Niederholzer, J. T. Andaloro, E. B. Lang, and L. J. Watson. 2021. Evaluation of an unmanned aerial vehicle as a new method of pesticide application for almond crop protection. Pest Manag. Sci. 77:527–537. doi:10.1002/ps.6052

Lin, J. W., H. C. Hsu, K. S. Chen, Y. F. Wu, and A. H. Cheng. 2014. Rational Fertilization and Health Management of Broccoli. Technical Special Report, No. 157. Tainan District Agricultural Research and Extension Station. Tainan, Taiwan. 31 pp. (in Chinese)

McLean, E. O. 1982. Soil pH and lime requirement. p.199–223. *in*: Methods of soil analysis. Part 2: Chemical and Microbiological Properties. 2nd ed. (Page, A. L., R. H. Miller, and D. R. Keeney, eds.) Chemical and Microbiological Properties. American Society of Agronomy; Soil Science Society of America. Madison, WI. 1159 pp.

Mehlich, A. 1984. Mehlich No.3 soil test extractant: A modification of Mehlich 2 extractant. Comm. Soil Sci. Plant Anal. 15:1409−1416. doi:10.1080/00103628409367568

Meng, Y., J. Song, Y. Lan, G. Mei, Z. Liang, and Y. Han. 2019. Harvest aids efficacy applied by unmanned aerial vehicles on cotton crop. Ind. Crop Prod. 140:111645. doi:10.1016/j.indcrop.2019.111645

Nelson, D. W. and L. E. Sommers. 1996. Total carbon, organic carbon, and organic matter. p.961−1010. *in*: Methods of Soil Analysis. Part 3: Chemical Methods. (Sparks, D. L., A. L. Page, P. A. Helmke, R. H. Loeppert, P. N. Soltanpour, M. A. Tabatabai, C. T. Johnston, and M. E. Summer, eds.) American Society of Agronomy; Soil Science Society of America. Madison, WI. 1390 pp.

Nugrahedi, P. Y., R. Verkerk, B. Widianarko, and M. Dek-

ker. 2015. A mechanistic perspective on process-induced changes in glucosinolate content in Brassica vegetables: A review. Crit. Rev. Food Sci. Nutr. 55:823−838. doi:10.1080/10408398.2012.688076

Rhoades, J. D. 1982. Soluble Salts. p.167−178. *in*: Methods of Soil Analysis. Part 2: Chemical and Microbiological Properties. 2nd ed. (Page, A. L., R. H. Miller, and D. R. Keeney, eds.) Chemical and Microbiological Properties. American Society of Agronomy; Soil Science Society of America. Madison, WI. 1159 pp.

Scherer, M., J. Chung, and J. Lo. 2017. Commercial Drone Adoption in Agribusiness: Disruption and Opportunity. Ipsos Business Consulting. Beijing, China. 21 pp.

Smith, P. 1999. HGIC 1301 Broccoli. Clemson University, Clemson, SC. http://www.clemson.edu/extension/hgic/plants/vegetables/crops/hgic1301.htm (visit on 04/10/2022)

Tang, Q., R. Zhang, C. Ding, L. Chen, M. Xu, G. Xu, T. Yi, Y. Wen, L. Li, and W. Deng. 2019. Application of an ultrasonic anemometer array to field measurements of the down-wash flow of an agricultural unmanned helicopter. Trans ASABE 62:1219−1230. doi:10.13031/trans.13336

Teske, A. L., G. Chen, C. Nansen, and Z. Kong. 2019. Optimised dispensing of predatory mites by multirotor UAVs in wind: A distribution pattern modelling approach for precision pest management. Biosyst. Eng. 187:226−238. doi:10.1016/j.biosystemseng.2019.09.009

Yang, C. K., Y. Y. Shi, and S. H. Yang. 2016. Moving towards Agriculture 4.0 in Taiwan with Smart Technology. Agric. Policy Rev. 289:6−11. (in Chinese)

Yang, C. M. 2010. The responsive strategies to agricultural meteorological disasters. Crop Environ. Bioinform. 7:63−71. (in Chinese with English abstract) doi:10.30061/CEB.201003.0005

Zhang, Y., X. Huang, Y. Lan, L. Wang, X. Lu, K. Yan, J. Deng, and W. Zeng. 2021. Development and prospect of UAV-based aerial electrostatic spray technology in China. Appl. Sci. 11:4071. doi:10.3390/app11094071

Comparison of Agricultural Unmanned Aerial Vehicle (UAV) and Traditional Human Labor for Biopesticide Spraying and Fertilization on the Effect of Organic Broccoli Production

Chwen-Ming Yang[1,2,*], Cheng-Wei Liu[3], Kai-Ying Chiu[4], Kai-Yue Chen[5], Ying-Chun Chen[5], Ya-Ching Teng[5], Hui-Ping Lo[5], and Yi-Jing Chen[6]

Abstract

Yang, C. M., C. W. Liu, K. Y. Chiu, K. Y. Chen, Y. C. Chen, Y. C. Teng, H. P. Lo, and Y. J. Chen. 2022. Comparison of agricultural unmanned aerial vehicle (UAV) and traditional human labor for biopesticide spraying and fertilization on the effect of organic broccoli production. J. Taiwan Agric. Res. 71(4):293–307.

A field experiment was carried out at an Organic Farm of Mingdao University, Pitou Township, Changhua County. Two field management practices, agricultural unmanned aerial vehicle (or agricultural drone; T) and traditional human labor (CK) for biopesticide spraying and fertilization, were compared to evaluate the differences in the growth and production of organic broccoli. According to the preliminary results of Fall Crop in 2021, there were no significant differences between the two management practices in plant height, stalk length, stalk circumference, leaf number, leaf area, and leaf area index. All traits followed a similar trend as the growth progressed, indicating that the T-managed practice did not cause a significant growth lag in the investigated growth traits relative to those of the CK practice. There was generally no significant difference between the two practices in the fresh weight and dry weight of leaves, stalks, and the whole plant along plant development. Both practices used hand weeding to remove weeds that emerged on the furrows of the field plots. It showed that the furrows with CK practice 19 d after seedling transplanting had a higher weed population. After that, no difference was found between the two practices, and the weed population gradually decreased with the expansion of the broccoli plant size. From the counts of insects caught by yellow (Y) and blue (B) sticky paper traps hanging around the plots of the field, it was shown that counts of insects caught by Y paper traps were greater than that of the B paper traps in the plots of both practices. The average counts of insects caught by each Y paper trap were higher in plots of CK, while the average counts of insects caught by each B paper trap were higher in plots of T. There was no significant difference in the total counts of insects caught by Y plus B paper traps between two management fields. In the first harvest of flower heads (I, 12/17/2021), no difference was found in the average values of the length of flower stalks between practices. In the second harvest (II, 12/24/2021), the average value of the length of flower stalks of T (23.49 ± 0.34 cm) was longer than that of CK (22.20 ± 0.51 cm). The pooled data of two harvests also showed that T (23.46 ± 0.54 cm) had a higher value than CK (22.46 ± 0.54 cm). When the longest diameter of harvested flower heads were compared, the average value of T (19.36 ± 1.11 cm) was higher than that of CK (17.36 ± 0.40 cm) in the first harvest, but not in the second harvest, nor in pooled data of two harvests. By the regression analyses between the fresh weight of flower

Received: May 4, 2022; Accepted: June 20, 2022.
* Corresponding author, e-mail: cmyang@mdu.edu.tw
1 Professor, Department of Smart and Quality Agriculture, Mingdao University, Changhua County, Taiwan, ROC.
2 Director, Smart Farming Research Center, Mingdao University, Changhua County, Taiwan, ROC.
3 Associate Professor and Head, Department of Smart and Quality Agriculture, Mingdao University, Changhua County, Taiwan, ROC.
4 Associate Professor, Department of Smart and Quality Agriculture, Mingdao University, Changhua County, Taiwan, ROC.
5 Assistant Professor, Department of Smart and Quality Agriculture, Mingdao University, Changhua County, Taiwan, ROC.
6 Project Assistant, Department of Smart and Quality Agriculture, Mingdao University, Changhua County, Taiwan, ROC.

heads and the length of flower stalks of pooled data, there exists no relationship in both the first- and the second-order regression models. However, the regression between fresh weight of flower heads and longest diameter of flower heads showed a significant linear relationship, in both CK (R^2 = 0.415, $P < 0.0001$) and T (R^2 = 0.229, $P < 0.0001$). With pooled data of two harvests, results indicated that T practice (8,047 ± 1,213 no. ha^{-1}) collected more flower heads than CK practice (5,506 ± 711 no. ha^{-1}), as well as in the yield of fresh flower heads, 3,956 ± 639 kg ha^{-1} for T and 2,531 ± 544 kg ha^{-1} for CK. Comparing the percentage distributions of different levels (fresh weights) of flower heads collected in two harvests of both management fields, from level 1 to level 8 (from small to large), it was shown that CK practice collected more flower heads of level 1–3 in the first harvest and level 2–5 in the second harvest. For T practice, it collected more flower heads of levels 2–5 and levels 3–4 in the first and the second harvests, respectively. With pooled data, CK practice collected most the flower heads in levels 1–5, 94.29% in total, while T practice had most flower heads in levels 2–5, a total of 90.50%. As a result, under the conditions of this experiment, compared with the traditional human labor management practice, the agricultural drone management practice may produce flower heads with larger sizes and fresh weights.

Key words: Agricultural unmanned vehicle, Agricultural drone, UAV, Organic broccoli, Production.